

ТВЕРДИЙ СПЛАВ ВК8 З АЗОТОТИТАНОАЛІТОВАНИМ ПОКРИТТЯМ

проф. В.Г. Хижняк, д.т.н., асп. Г.Ю. Калашніков, студ. О.В. Савчук

*Національний технічний університет України «КПІ»,
Інженерно – фізичний факультет, кафедра МТО*

В роботі розглянуто вплив нового метода хіміко-термічної обробки, який полягає в поєднанні азотування в середовищу аміаку з наступним титаноалітуванням в порошкових сумішах титана, алюмінія, хлористого амонію NH_4Cl , оксида алюмінія Al_2O_3 . Встановлено, що за прийнятих умов насичення на поверхні сплаву ВК8 формується багатокомпонентне покриття до складу якого входять сполуки TiN , TiC , AlCoTi_2 . Комбінація шарів TiN , TiC крім високої мікротвердості (22,0; 37,0 ГПа) має бар'єрні функції, завдяки яким при ХТО гальмується дифузійне проникнення в основу кисню та алюмінію, а при експлуатації багатограничних твердосплавних непереточуваних пластин (БНТП) виключається дифузійна взаємодія основи з оброблюваним матеріалом. Показано, що межа міцності БНТП при згині виявляється меншою з покриттями ніж вихідних при стабілізації властивостей. Максимальну стійкість при точінні сталі 12Х18Н10Т показали БНТП з азототитаноалітованими покриттями. Стійкість сплаву ВК8 в цьому випадку зросла за прийнятих умов точіння у 8,0 разів.

Багатогранні непереточувані твердосплавні пластини (БНТП) в процесі експлуатації зазнають впливу зносу, контактних навантажень та температур. Найбільшому руйнуванню піддається поверхня БНТП, що зумовлює необхідність розробки методів покращення властивостей поверхневих шарів. На теперішній час покриття на основі карбідів, нітридів перехідних металів використовують з метою підвищення експлуатаційних властивостей БНТП [1-4].

Відомі багатошарові покриття на БНТП за участю TiC , TiN та оксиду алюмінію Al_2O_3 , отримані методом хімічного осадження з газової фази [2]. Порядок розташування шарів окремих сполук в покритті, визначає перевагу певних властивостей або комплексу властивостей.

Перспективність процесу азототитаноалітування ґрунтується на реалізації можливості утворення на твердому сплаві ВК8 багатошарових покриттів з високою мікротвердістю, зносостійкістю, бар'єрними функціями. Результати досліджень будови та властивостей азототитаноалітованих покриттів на сталях наведені в роботах [4-5].

Таким чином, метою роботи є встановлення можливості отримання на твердому сплаві ВК8 дифузійних покриттів за участю, азоту, титана і алюмінію, дослідження їх складу, будови, властивостей.

Результати досліджень фазового складу, структури отриманих в роботі покриттів наведено в табл. 1,2 та рис. 1,2. Пошаровим рентгеноструктурним аналізом азототитаноалітованого сплаву ВК8 встановлено наявність на зовнішній стороні дифузійної зони сполук Al_2O_3 та AlCoTi_2 , товщина яких для взятих умов титаноалітування становить 8,0-9,0 мкм. Безпосередньо під шаром AlCoTi_2 розміщені шари карбіду титану TiC та нітриду TiN .

Аналіз отриманих даних показав, що фазовий склад дифузійних покриттів на сплаві ВК8 визначається параметрами ХТО (таблиця 1). Титанування при 1050^0C впродовж 2 годин супроводжується формуванням на поверхні шару TiC , джерелом вуглецю для якого буде основа. Із збільшенням часу насичення (зразок 2), потік вуглецю до поверхні зменшується, що супроводжується формуванням на зовнішній стороні шару TiC інтерметаліда Co_2Ti , а на границі з основою шару η -фази $\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$.

Таблиця 1

Фазовий склад та характеристики дифузійних покриттів на твердому сплаві

№ зразка	Вид обробки, t ⁰ С, години	Фазовий склад покриття	Період кристалічної ґратки, нм	Товщина, мкм	Мікротвердість, ГПа
1	Титанування; 1050; 2	TiC	a=0,4325	4,5	34
		Co ₆ W ₆ C	a=1,0930	0,5-1,0	-
2	Титанування; 1050; 4	Co ₂ Ti	a=0,4832 c=1,5960	1,0-1,5	7,5
		TiC	a=0,4329	6,5-7,0	31,0
		Co ₆ W ₆ C	a=1,0929	1,0-1,5	8,5-9,5
3	Титаноалітування*; 1050; 4	AlCoTi ₂	a=0,2950	8,5-9,0	10,2
		TiC	a=0,4326	3,5-4,0	29,5
		Зона з підвищеним вмістом O, Al. WC, Co(Al), Me ₂ O ₃	-	16,0-18,5	15,0 - 18,0
4	Азототитаноалітування*; Азотування-540; 20; Титаноалітування-1050;4; Al(10%);Ti(40%);Al ₂ O ₃ (4 5%); NH ₄ Cl(5%)	AlCoTi ₂	a=0,2982	8,0-9,0	14,5
		TiC	a=0,4323	2,5-3,0	37,0
		TiN	a = 0,4230	3,5 - 4,0	22,0
* - На зовнішній стороні встановлена присутність Al ₂ O ₃					

Титаноалітування супроводжується формуванням в основі під шаром TiC зони з підвищеним вмістом кисню та алюмінію, що в результаті зумовлює падіння властивостей БНТП (табл. 2). Загальмувати або зовсім припинити процес утворення даної зони можливий при наявності в дифузійному покритті бар'єрної композиції з шарів TiC, TiN [5,6].

Як вже зазначали при азототитаноалітуванні (зразок №4) формується покриття з бар'єрною композицією TiC, TiN. Розташування шару TiN на поверхні вихідного сплаву свідчить за те, що при ХТО він почав формуватися першим за рахунок азоту основи. Незначна товщина шару TiC – 2,5 мкм (зразок №4) виключає можливість утворення знеуглецьованої зони на границі покриття-основа.

Аналіз результатів дюрOMETричних досліджень сплаву ВК8, наведених в таблиці 1, показав, що мікротвердість визначається фазовим складом покриття та видом ХТО. Максимальну мікротвердість після азототитаноалітування виявлено для шарів на основі карбіду титану TiC – 37,0 ГПа, нітриду титану TiN – 22,0 ГПа.

Слід відзначити зростання мікротвердості шару TiC в азототитаноалітованому покритті (зразок №4) в порівнянні з титанованими та титаноалітованими (зразки № 1-3). Останнє зумовлено, вірогідніше за все, легуванням TiC алюмінієм та азотом.

Міцність твердих сплавів їх здатність опиратися руйнуванню в значній мірі визначають експлуатаційну надійність інструмента. Один з розповсюджених показників, яку використовують при оцінці механічних властивостей твердих сплавів є міцність при поперечному згині ($\sigma_{зг}$) (табл. 2).

Таблиця 2

Межа міцності за умов поперечного сгину сплаву ВК8 з покриттями

№ зразка	Вид обробки, t ⁰ С, години	Межа міцності на згин, σ_{zg} , ГПа	$\sigma_{zg}/\sigma_{zg}^*$	Коефіцієнт варіації, %
1	Титанування, 1050, 2	1,36	0,81	7,0
2	Титанування, 1050, 4	1,13	0,79	7,9
3	Титаноалітування, 1050, 4	1,09	0,65	23,0
4	Азототитаноалітування, 1050, 4	1,50	0,89	6,5
5	Вихідний сплав*	1,68	-	21,5

σ_{zg}^* - межа міцності на згин вихідного сплаву ВК8

При оцінці міцності інструмента поряд із середнім значенням важливу роль відіграє показник стабільності. Стабільність розсіювання міцності характеризують значенням середньоквадратичного відхилення або коефіцієнта варіації. Останній є безрозмірним показником, дозволяє порівнювати різні серії випробувань з різними типами покриттів. Результати досліджень впливу покриттів на межу міцності при згині сплаву ВК8 наведені в таблиці 2. Показано, що межа міцності після нанесення покриттів зменшується при стабілізації їх значень, що підтверджується зменшенням коефіцієнта варіації. (таблиця 2).

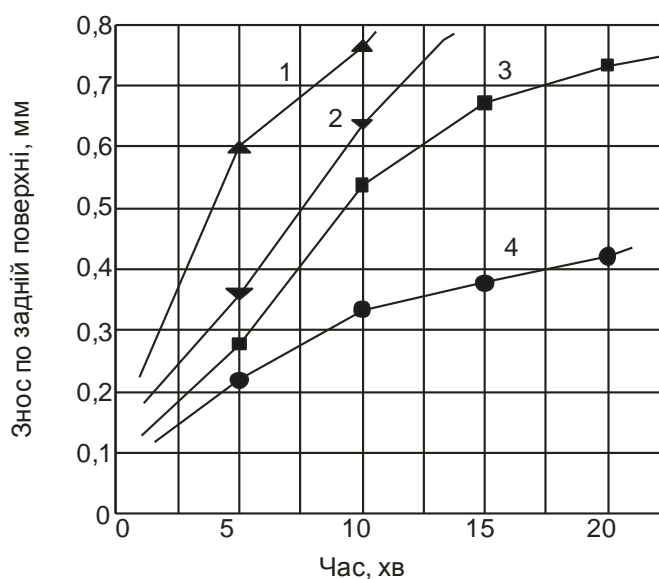


Рис. 1. Кінетика зносу багатогранної непереточуваної твердосплавної пластини ВК8 при точінні сталі 12Х18Н10Т (НВ 210); $V = 3,3$ м/с; $S = 0,434$ мм/об; $t = 1,0$ мм; час точіння 15 хв.

1 – вихідний сплав; 2 – зразок №3; 3 – зразок №1; 4 – зразок №4.

В роботі були проведені стійкісні випробування БНТП із сплаву ВК8 з запропонованими покриттями. Ріжучі властивості пластин з покриттям порівнювали з властивостями вихідних. Величину зносу БНТП оцінювали за величиною фаски по задній поверхні, яка відповідно до робіт [3] є об'єктивним критерієм стану поверхні при різанні. Коефіцієнт збільшення стійкості визначали як відношення періоду стійкості пластин з покриттями до періоду стійкості пластин без покриттів (рис.2). В експерименті використовували БНТП з однієї партії.

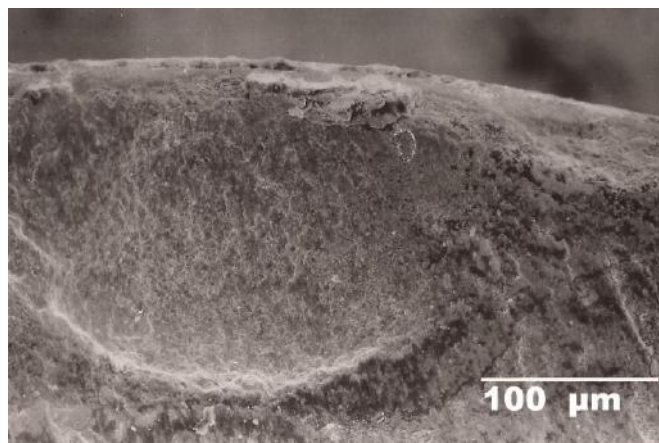


Рис. 2. Контактна площадка на заданій поверхні пластини ВК8 з азототитаноалітованим покриттям (зразок № 4) при точінні сталі 12Х18Н10Т (НВ 210); $V = 3,3$ м/с; $S = 0,434$ мм/об; $t = 1,0$ мм; час точіння 15 хв.

Аналіз отриманих результатів показав, що незалежно від типу покриття швидкість зношування твердосплавних пластин в дослідженому інтервалі умов різання з запропонованими покриттями вища ніж серійних. Відомо [3], що характер зносу пластин визначається в значній мірі хімічним складом та структурою сталі що оброблюють. При точінні високолегованих сталей 12Х18Н10Т, 06Х28МДТ, Р6М5, тощо знос протікає за рахунок адгезійної взаємодії стружки і покриття. Аналіз отриманих результатів (рис.3) показав, що утворена лунка має характерний адгезійний характер. По краю лунки розміщується наплив з нормальними тріщинами по границях. Мінімальне зношування характерне для пластини з азототитаноалітованим покриттями. Крихкі, втомні тріщини в зоні контакту, які характерні для дифузійних покриттів на основі TiC, відсутні. Найкращі результати серед досліджених в роботі показали азототитаноалітованні покриття фазового складу TiN, TiC, AlCoTi₂. Підвищення зносостійкості титаноалітованих БНТП в порівнянні з серійними становило 8,0 разів.

ВИСНОВКИ:

1. Показана можливість формування на твердому сплаві ВК8 азототитаноалітованих покриттів шляхом поєднання процесів азотування при 540⁰С впродовж 20 годин та наступного титаноалітування при 1050⁰С впродовж 4 годин в порошковій суміші.
2. Після азототитаноалітування на сплаві ВК8 формується покриття TiN, TiC, AlCoTi₂, в якому композиція шарів TiN, TiC виконує бар'єрні функції: гальмує при ХТО проникнення Al, Ti, O в основу, стабілізує властивості покриття при експлуатації. Максимальна мікротвердість виявлена для шарів TiC – 37,0 ГПа та TiN – 22,0 ГПа.
3. Стійкість БНТП після різання сталі 12Х18Н10Т з запропонованими азототитаноалітованим покриттям зросла у порівнянні з серійними у 8,0 разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wick C.Coatings improve tool life, inc – rease productivity. Manufacturing engineering V. 97 p 26-31
2. Begmann E., Vogel J., Brink R., Baller R. PVD titanium nitride coating systems to improve tool performance and reduce wear. Carbide and Tool Journal. – 1989. v 20. №5. p. 12-17
3. Лоскутов В.Ф., Хижняк В.Г., Потребова І.С., Горбатюк Р.М., Бочар І.Й. Карбідні покриття на сталях і твердих сплавах. Тернопіль : Лілея, 1998. – 144с.
4. Хижняк В.Г., Дацюк О.Е., Білик І.І. Дифузійні титаноалітовані покриття з барєрним шаром (Ti, Zr)N на жаростійкому сплаві ХН78Т. МОМ. – 2015. - №4. – с. 15-22.
5. Хижняк В.Г., Аршук М.В., Лоскутова Т.В., Карпець М.В. Дифузійні покриття за участю титану і алюмінію на азотованій сталі 12Х18Н10Т. Наукові вісті. – К. : НТУУ «КПІ», 2011, №1(75). – С. 118-123.